

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **14894**

(13) **С1**

(46) **2011.10.30**

(51) МПК

H 03C 7/02 (2006.01)

(54)

**ФОРМИРОВАТЕЛЬ СВЧ-СИГНАЛОВ
С ИЗВЕСТНЫМИ ИНДЕКСАМИ МОДУЛЯЦИЙ**

(21) Номер заявки: а 20071170

(22) 2007.09.27

(43) 2009.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Дзисяк Андрей Богданович; Гусинский Александр Владимирович; Кострикин Анатолий Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

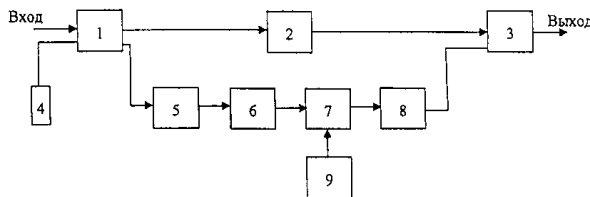
(56) БЕЛЬСКИЙ А.Я. и др. Доклады БГУИР. - 2003. - Т.1. - № 2. - С. 9.

US 2903652, 1959.

US 4355289, 1982.

(57)

Формирователь СВЧ-сигналов с известными индексами модуляций, содержащий направленный ответвитель, вход первичного канала которого является входом формирователя, вход вторичного канала соединен с согласованной нагрузкой, выход вторичного канала через первый регулируемый аттенюатор, вентиль, балансный амплитудный модулятор и регулируемый фазовращатель соединен со вторым входом СВЧ-сумматора, выход которого является выходом формирователя; генератор модулирующего напряжения, выход которого соединен с модулирующим входом балансного амплитудного модулятора, второй регулируемый аттенюатор, вход которого соединен с выходом первичного канала направленного ответвителя, а выход - с первым входом СВЧ-сумматора, причем первый и второй регулируемые аттенюаторы являются высокоточной мерой воспроизведения ослабления; вход первичного канала направленного ответвителя выполнен с возможностью подключения маломощного СВЧ-генератора при градуировке формирователя, выход СВЧ-сумматора выполнен с возможностью подключения последовательно соединенных СВЧ амплитудного детектора, нагрузочного резистора и вольтметра переменного тока для установки показаний регулируемого фазовращателя, обеспечивающих выполнение условий амплитудной или угловой модуляции СВЧ-сигнала на первом этапе градуировки, или СВЧ-ваттметра для определения параметров модуляции при использовании метода замещения на втором этапе градуировки.



Фиг. 1

ВУ 14894 С1 2011.10.30

BY 14894 C1 2011.10.30

Изобретение относится к технике измерений на сверхвысоких частотах и может быть использовано при калибровке измерителей флуктуаций СВЧ-сигналов.

Известен формирователь СВЧ-сигналов с известным индексом амплитудной модуляции [1], содержащий генератор модулирующего напряжения, амплитудный модулятор; при градуировке к выходу формирователя подключено устройство для анализа СВЧ-спектра, содержащее смеситель, гетеродин, усилитель промежуточной частоты, анализатор спектра сигналов промежуточной частоты, а ко входу - малошумящий СВЧ-генератор.

Однако данный формирователь обладает существенными недостатками: его невозможно использовать при калибровке измерителя флуктуаций СВЧ-сигналов в режимах измерения частотных, вносимых фазовых флуктуаций по известному индексу угловой модуляции СВЧ-сигнала и точность воспроизведения с его помощью индекса амплитудной модуляции СВЧ-сигнала существенно ограничена из-за невысокой точности устройства для анализа СВЧ-спектра.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому формирователю является выбранный в качестве прототипа формирователь (в прототипе он назван блоком модуляции) [2], который содержит направленный ответвитель, вход первичного канала которого является входом формирователя, а выход соединен с первым входом СВЧ-сумматора; вход вторичного канала направленного ответвителя соединен с согласованной нагрузкой, а выход через регулируемый аттенюатор, вентиль, балансный амплитудный модулятор, регулируемый фазовращатель соединен со вторым входом СВЧ-сумматора, выход которого является выходом формирователя; к модулирующему входу балансного амплитудного модулятора подключен генератор модулирующего напряжения; при градуировке формирователя к его выходу подключен СВЧ-анализатор спектра, а ко входу - малошумящий СВЧ-генератор.

Недостатком прототипа является невысокая точность воспроизведения с его помощью индексов амплитудной и угловой модуляций СВЧ-сигналов, которая ограничена из-за невысокой точности СВЧ-анализатора спектра.

Задача изобретения - повышение точности воспроизведения с помощью формирователя СВЧ-сигналов с известными индексами амплитудной и угловой модуляций.

Задача достигается тем, что известный формирователь СВЧ-сигналов с известными индексами модуляций, содержащий направленный ответвитель, вход первичного канала которого является входом формирователя; вход вторичного канала направленного ответвителя соединен с согласованной нагрузкой, а выход через первый регулируемый аттенюатор, вентиль, балансный амплитудный модулятор, регулируемый фазовращатель соединен со вторым входом СВЧ-сумматора, выход которого является выходом формирователя; к модулирующему входу балансного амплитудного модулятора подключен генератор модулирующего напряжения; при градуировке ко входу формирователя подключен малошумящий СВЧ-генератор, отличающийся тем, что введен второй регулируемый аттенюатор, который, как и первый регулируемый аттенюатор, является высокоточной мерой воспроизведения ослабления; вход второго регулируемого аттенюатора соединен с выходом первичного канала направленного ответвителя, а выход - с первым входом СВЧ-сумматора; градуировка формирователя состоит из двух этапов, при этом на первом этапе к его выходу подключены последовательно соединенные СВЧ-амплитудный детектор, нагрузочный резистор и вольтметр переменного тока для установки таких показаний регулируемого фазовращателя, чтобы выполнялись условия амплитудной или угловой модуляции СВЧ-сигнала, а на втором этапе - СВЧ-ваттметр для определения параметров модуляции при использовании метода замещения.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемый формирователь отличается наличием нового функционального узла - второго регулируемого аттенюатора, а также дополнительными функциональными связями формирователя.

ВУ 14894 С1 2011.10.30

Сравнение заявляемого решения с другими техническими решениями показывает, что в существующих формирователях точность воспроизведения индексов амплитудной и угловой модуляций СВЧ-сигналов ограничены из-за невысокой точности используемых при градуировке СВЧ-анализаторов спектра. Анализ метрологических характеристик современных анализаторов спектра СВЧ диапазона длин волн (Agilent E4407B, E4448A, 856EC, Rohde&Schwartz FSEK 30, FSP 40, Advantest R3182, Wiltron 360 и других) показал, что погрешности измерений уровней гармоник спектра СВЧ-сигнала в диапазоне частот 25-78 ГГц составляют не более $\pm (3,1-4,5)$ дБ, а в диапазоне частот 78-118 ГГц - $\pm (3,8-5,2)$ дБ. В заявляемом формирователе благодаря использованию высокоточных мер воспроизведения ослабления регулируемых поляризационных аттенюаторов, имеющих погрешность воспроизведения ослабления не более $\pm (0,1-0,9)$ дБ в диапазоне частот 25-53 ГГц и $\pm (0,25-2,5)$ дБ в диапазоне частот 53-178 ГГц, а также тому, что вместо прямой градуировки формирователя по показаниям СВЧ-анализатора спектра реализуют градуировку с использованием метода замещения при применении СВЧ-ваттметра (он выступает в этом случае не как средство измерения, а как индикаторное устройство), удается повысить точность воспроизведения индексов модуляции в 2-3 раза.

На фиг. 1 приведена структурная схема формирователя, на фиг. 2 - структурная схема, собираемая при определении условий формирования амплитудной или угловой модуляций, на фиг. 3 - структурная схема, собираемая при определении параметров модуляции.

Структурная схема формирователя (фиг. 1) содержит направленный ответвитель 1; второй регулируемый аттенюатор 2; СВЧ-сумматор 3; согласованную нагрузку 4; первый регулируемый аттенюатор 5; вентиль 6; балансный амплитудный модулятор 7; регулируемый фазовращатель 8; генератор модулирующего напряжения 9.

Структурная схема, собираемая при определении условий формирования амплитудной или угловой модуляций (фиг. 2), содержит формирователь 10; малошумящий СВЧ-генератор 11; амплитудный СВЧ-детектор 12; нагрузочный резистор 13; вольтметр переменного тока 14.

Структурная схема, собираемая при определении параметров модуляции (фиг. 3), содержит формирователь 10; малошумящий СВЧ-генератор 11; СВЧ-ваттметр 15.

Формирователь СВЧ-сигналов с известными индексами модуляции (фиг. 1) содержит СВЧ направленный ответвитель 1, вход первичного канала которого является входом формирователя, а выход через второй регулируемый аттенюатор 2 соединен с первым входом СВЧ-сумматора 3; выход вторичного канала направленного ответвителя 1 через первый регулируемый аттенюатор 5, вентиль 6, балансный амплитудный модулятор 7, регулируемый фазовращатель 8 соединен со вторым входом СВЧ-сумматора 3, выход которого является выходом формирователя; к модулирующему входу балансного амплитудного модулятора 7 подключен генератор модулирующего напряжения 9.

Формирователь работает следующим образом.

Методика градуировки формирователя состоит из двух этапов. На первом этапе необходимо установить показания фазовращателя 8 (фиг. 1), при которых выполняются условия формирования амплитудной или угловой модуляции СВЧ-сигнала. При амплитудной модуляции СВЧ-сигнала после амплитудного детектора 12 напряжения боковых модуляционных составляющих суммируются на нагрузочном резисторе 13 (фиг. 2), а при угловой модуляции - компенсируют друг друга. Ко входу формирователя 10 подключается малошумящий СВЧ-генератор 11, а к выходу - последовательно соединенные амплитудный СВЧ-детектор 12, нагрузочный резистор 13, вольтметр переменного тока 14. На модулирующий вход балансного амплитудного модулятора 7 подается максимальное напряжение с выхода генератора модулирующего напряжения 9. Регулируя фазовый сдвиг фазовращателя 8, добиваются максимального показания вольтметра 14. Показание фазовращателя 8 φ_1 будет соответствовать условию формирования амплитудной модуляции СВЧ-сигнала. Регулируя фазовый сдвиг фазовращателя 8, добиваются минимального показания вольт-

BY 14894 C1 2011.10.30

метра 14. Показание фазовращателя 8 φ_2 будет соответствовать условию формирования угловой модуляции СВЧ-сигнала.

На втором этапе градуировки к выходу формирователя 10 подключается СВЧ-ваттметр 15 (фиг. 3) и определяются параметры модуляции при использовании метода замещения. На фазовращателе 8 устанавливается показание φ_1 , соответствующее условию формирования амплитудной модуляции СВЧ-сигнала. На модулирующий вход балансного амплитудного модулятора 7 подается максимальное напряжение с выхода генератора модулирующего напряжения 9. На аттенюаторе 2 устанавливается максимальное вносимое ослабление несущей СВЧ-сигнала, а на аттенюаторе 5 - минимальное вносимое ослабление сигналов боковых модуляционных составляющих СВЧ-сигнала 0 дБ (степень подавления несущей в балансном амплитудном модуляторе 7 составляет не менее (25-30) дБ). Фиксируется показание СВЧ-ваттметра 15 P_k . Далее, на аттенюаторе 5 устанавливается максимальное вносимое ослабление сигналов боковых модуляционных составляющих СВЧ-сигнала, а на модулирующий вход балансного амплитудного модулятора 7 прекращают подачу модулирующего напряжения (уменьшают его значение до нулевого уровня). На аттенюаторе 2 устанавливают такое вносимое ослабление несущей СВЧ-сигнала A_{2K} (в дБ), при котором показание СВЧ-ваттметра 15 также будет равно P_k . Значение A_{2K} фиксируется. Таким образом, при наличии модулирующего напряжения на модулирующем входе балансного амплитудного модулятора 7, вносимых ослаблениях аттенюатора 50 дБ и аттенюатора 2 A_{2K} воспроизводится амплитудно-модулированный СВЧ-сигнал, имеющий равные по амплитуде несущую и боковые модуляционные составляющие СВЧ-сигнала.

Воспроизведение СВЧ-сигналов с известными индексами модуляции осуществляется следующим образом.

При выставленном показании фазовращателя 8 φ_1 (условие формирования амплитудной модуляции СВЧ-сигнала), вносимых ослаблениях аттенюатора 5 A_1 (в дБ) и аттенюатора 2 A_2 (в дБ) индекс амплитудной модуляции СВЧ-сигнала $m_{AM,K}$ определяется из формулы:

$$m_{AM,K} = 10^{\frac{A_2 - A_{2K} - A_1}{20}}.$$

При выставленном показании фазовращателя 8 φ_2 (условие формирования угловой модуляции СВЧ-сигнала), вносимых ослаблениях аттенюатора 5 A_1 и аттенюатора 2 A_2 индекс угловой модуляции СВЧ-сигнала $m_{UM,K}$ в радианах определяется из формулы:

$$m_{UM,K} = \text{arctg} \left(10^{\frac{A_2 - A_{2K} - A_1}{20}} \right).$$

Точность воспроизведения индексов модуляции СВЧ-сигнала определяется, главным образом, точностью воспроизведения вносимых ослаблений с помощью высокоточных поляризационных аттенюаторов 2 и 5.

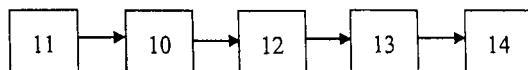
Предлагаемый формирователь реализован в НИЛ 1.9 "Научно-исследовательская лаборатория аппаратуры и устройств СВЧ Учреждения образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" для измерителя флуктуации MNM 78-118. Диапазон рабочих частот - (78,33-118,1) ГГц. В формирователе используются два высокоточных поляризационных аттенюатора АП-20, имеющих диапазон воспроизводимого ослабления (0-50) дБ с погрешностью не более $\pm 0,25$ дБ в диапазоне 0-5 дБ и $\pm 0,05 \cdot A$, где A - значение воспроизводимого ослабления в диапазоне 5-50 дБ.

Источники информации:

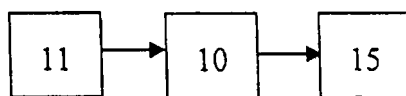
1. Горелов А.И. и др. Об измерении малых коэффициентов амплитудной модуляции на сверхвысоких частотах. Вопросы радиоэлектроники: Сер. РИТ. Вып.2, 1965. - С. 78-85.

ВУ 14894 С1 2011.10.30

2. Измеритель флуктуаций импульсных сигналов СВЧ СКЗ-19. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЕЕІ. 406.007ГО.



Фиг. 2



Фиг. 3